

Effect of Treshold Values on Prediction of Natural Vibration Properties of Concrete Sample

Abdulkerim Ergut (Corresponding Author)

Manisa Celal Bayar University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering
Sehit Prof. Dr. Ilhan Varank Campus, 45140, Manisa, Turkey
E-mail: abdulkerim.ergut@cbu.edu.tr

Sergen Aksay

Manisa Celal Bayar University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering
Sehit Prof. Dr. Ilhan Varank Campus, 45140, Manisa, Turkey
E-mail: sergenaksay@hotmail.com

Gokhan Altintas

Manisa Celal Bayar University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering
Sehit Prof. Dr. Ilhan Varank Campus, 45140, Manisa, Turkey
E-mail: gokhan.altintas@cbu.edu.tr

Abstract

In this study, firstly, three different samples of concrete material were obtained with computer aided imaging techniques. The sampled images were transformed into three-dimensional models that consisted of pixels. The threshold and floodfill algorithms have been used to transform the samples into three dimensions in the computer environment. The ABAQUS® package program, which is computer aided engineering software (CAE), was used to perform analyzes of solid element samples. Considering the available data and analysis, the change of the determined threshold ranges were observed with the help of imaging techniques. Also, changes in the natural frequency values obtained by the modes of the total number of points, volume, number of elements, and modes of the elements were observed. Before start the analysis, when threshold obtained it's changing, threshold must obtain sensitively. It makes inference.

Keywords: Finite elements method, Reverse engineering, Natural frequency, Reinforced concrete beam member.

Tersine Mühendislik Yöntemleri ile Elde Edilen Beton Numunenin Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Modellenmesi ve Model Geometrilerinin İncelenmesi

Özet

Yapılan bu çalışmada ilk olarak beton malzemeden meydana getirilmiş olan üç farklı numunenin bilgisayar ortamında görüntüleme teknikleri yardımı ile görüntüleri elde edilmiştir. Görüntüleri elde edilen numuneler piksellerden oluşacak şekilde üç boyutlu modeller haline getirilmiştir. Bilgisayar ortamında numunelerin üç boyutlu hale getirilebilmesi için eşik değer ve floodfill algoritmalarından faydalanılmıştır. Solid eleman haline getirilmiş olan numunelerin analizlerinin gerçekleştirilmesi için bilgisayar destekli mühendislik yazılımı (CAE) olan ABAQUS® paket programında faydalanılmıştır. Eldeki veriler ve yapılan analizler göz önünde bulundurularak, analizleri gerçekleştirilmiş olan numunelerin görüntüleme teknikleri yardımıyla belirlenen eşik değer aralıklarının değişimi ile elemanların toplam nokta sayısı, hacmi, eleman sayısının ve numunelerin modlar sonucunda elde edilen doğal frekans değerlerinde değişimler gözlemlenmiştir. Eşik değer kavramının değişimi gözlemlendiğinde ise analize başlanmadan önce eşik değerinin hassasiyetle belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sonlu elemanlar methodu, Tersine mühendislik, Doğal Frekans, Betonarme kiriş eleman.

1. Giriş

Bu çalışma kapsamında ele alınan konu başta İnşaat Mühendisliği biliminin methodlarından faydalanmak yanı sıra birçok mühendislik ve diğer bilim dallarını da kapsayan çözüm yöntemlerinden ele alınmış sonuçlardan oluşmuştur.

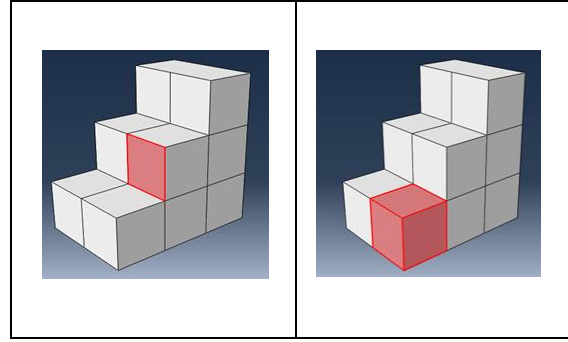
Günden güne gelişimini sürdüren birçok bilim dalı sorunların çözümüne yeni olanaklar sunmuş ve sağladıkları teknikler yardımı ile farklı bilim dallarının aynı konu üzerinde çalışabilmelerine katkıda bulunmuşlardır. Tersine mühendislik kavramının asıl amacı üzerinde çalışılacak olan nesnenin elde bulunup, bulunmamasına bakmaksızın gerekli görülen durumlarda aynı nesne ya da teçhizattan kopyalanabilmesi, çalışma şartlarının iyileştirilerek geliştirilmesi ve de nesnenin parçalara ayrılarak tüm çalışma prensiplerinin incelenerek elde ki nesneden en iyi faydanın alınabilmesi için yapılan çalışmalar bütünüdür. Manyetik Rezonans (MR) ve Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleme teknikleri eskiden günümüze bilgisayar tasarım programı yardımıyla üç boyutlu sonlu eleman modellerinin çözülebilmesi ile birlikte hızlı gelişmiş, birçok bilim dalının ortak fayda sağlayarak çeşitli analizler yapmalarına yardımcı olmuştur.

Çalışma kapsamında literatür taraması yapıldığında, çalışmanın günümüzün üzerinde çalışan konulardan birinin olduğu görülmektedir. Tersine mühendislik ve şekil yeniden yapılandırma, kavramsal gösterim, şekil işleme ve madencilik temel kavramları, mekanik tasarımda geometrik ters mühendislik konularını ele alınmıştır.[1] Tersine mühendislik çalışmaları için 3Boyutlu (3B) geometri bilgisi, görüntülere ve mesafelere dayandığı bunun yanı sıra iki tarayıcı lazere göre videogrametrik sistemin doğruluğu analiz edilip sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. [2] Farklı beton sınıflarının basınç dayanım değerlerini görüntü işleme tekniğiyle değerlendirmektedir. [3] Farklı bir makalede beton yapıların davranışlarını izlemek için fotogrametri ve görüntü işleme tekniklerinin uygulanabilirliğini özetlemektedir. [4] Dijital görüntü işleme (DIP) kullanılarak beton için kaba agreganın küresellik, şekil faktörü ve konveksliğini ölçmek için yöntem geliştirilmiş, analiz edilmiştir. [5] Zhang ve Arkadaşlarının görüntü verilerinden doğrudan hacimsel ağların kaliteli ve uyarlanabilir bir şekilde elde edilmesini sağlayan bir algoritma elde etmişlerdir.[6]. Yine Zhang ve arkadaşları heterojen malzemelerden oluşan kompozit bölgelerin ağlarını tetrahedral ve hegzahedral elemanlardan oluşan ağların otomatik olarak elde edilmesini sağlayan bir algoritma sunmuşlardır. [7] Soenke ve Arkadaşlarının çalışmalarında rekonstrüksiyon prosedürleri sonlu eleman prosedürleri ile bağlı olarak ele alınmış ve bu konuda kapsamlı bir literatür araştırmaları sunmuşlardır. [8] Mikro ölçekte kompleks geometriye sahip yapıların doğal titreşim analizi üzerindeki etkileri incelenmiştir. [9] Yapılan farklı bir çalışmada analizler sonucunda eşik değer seçiminin oluşturulan modelin hacmini, eleman sayısını ve doğal frekanslarını etkilediği görülmüştür. Farklı çözünürlük seçimi ile elde edilen modellerin analizleri sonucunda doğal frekansın, burkulma yükünün ve statik analiz değerlerinin değiştiği gösterilmiştir. [10]

Bu çalışmada da analizleri ele alınacak olan kirişler görüntüleme teknikleri yardımı ile üç boyutlu sonlu eleman modeli haline getirilip belirlenen analizler sonucunda değer karşılaştırmaları yapılacaktır.

2. Materyal Ve Method

Çalışmanın görüntüleme teknikleri yardımı ile sonlu elemanlar çözüm modeli haline getirilmesinden önce görüntü elemanlarının oluşumu konusunda bilgileri incelemek gereklidir. BT ve MR teknikleri bilgisayar ortamında görüntüleri oluşturabilmek amacıyla “voksel ve piksel” adı verilen karelerden oluşmaktadır. Voksel üç boyutlu bir hacim kavramı olarak karşımıza çıkarken, piksel ise noktanın görüntüleme yardımıyla iki boyutlu karşılığını vermektedir.(Şekil.1) Yani voksel 3B olup, piksel 2B’dir. Görüntüleme sonucunda elde edilen voksel ve pikseller bilgisayar ortamında görüntünün oluşumu sağlayarak modelleme ve analiz için veri sistemlerinin oluşumuna yardımcı olurlar.



Şekil 1. Piksel (2B) ve Voksel (3B) Gösterimleri

Vokseller 3B olduğu için kübik birim hacimli elemanlar olarak da tanımlanabilmektedirler. Voksellerin birleşimi ile gerçekte elde bulunan nesne bilgisayar tasarım ve bilgisayar destekli mühendislik yazılımları (CAE) programlarında analize uygun hale getirilirler. Analize uygun hale getirilmiş olan tek parça halindeki çözüm elemanı rijitlik matrisini sağlamaması durumunda çözüm alınmaz. Çalışmadaki elemanın tek parça halinde ABAQUS® programına aktarılırken eleman içerisinde ayrıkhale bulunan parçaların çözümden ayrılması amacıyla Flodfill algoritmasından faydalanılır ve paket program yardımıyla analizlerin çözümleri alınır. Çalışma kapsamında çözümlerin ABAQUS® programı yardımıyla alınabilmesi için ilk olarak numunelerin bazı format değişimi, görüntüleme ve vokselizasyon işlemlerinden geçmesi gerekmektedir. Bu amaçla Altıntaş tarafından CUBOID-SI2FE isimli bir MATLAB® scripti geliştirilmiştir[11, 12, 13, 14, 15, 16]. CUBOID-SI2FE kendi içerisinde floodfill ve eşik değer algoritmasını sahip bir yazılım olup, sıralı MR görüntü dosyalarını direkt olarak ABAQUS® programının kullanabileceği hale getirmektedir. CUBOID-SI2FE ile gerçekleştirilen işlemler aşağıda verilmiştir.

Eldeki görüntü verileri piksellere dilim kalınlığı verilerek voksel elemanların oluşumuna yardımcı olur. Oluşan voksellerin köşe numaraları belirlenir ve piksellerin gri skaladaki değerleri belirlenen voksellere atanır. Bu belirlenmiş olan skala değerleri en büyüğü 255, en küçüğü 0 değer olacak şekilde atanır. 255 değeri beyaz, 0 değeri ise siyah rengi temsil etmektedir. Eldeki 0-255 aralığındaki skala göz önünde tutularak voksellerin belirlenerek, dokuların birbirinden ayrılması sağlanır. Birbirlerinden ayrılması sağlanan voksel elemanların ABAQUS® programında analizlerinin yapılabilmesi için CUBOID-SI2FE Matlab scripti tarafından voksel elemanlarının, doğrusal hexahedral eleman tipi C3D8 olacak şekilde tanımlanması yapılarak eleman ve düğüm nokta numaraları yeniden düzenlenir ve ABAQUS® programında işlenebilecek hale gelmesi sağlanmış olur. Çalışma kapsamında ele alınan kiriş elemandır. Kiriş elemana ait malzeme özellikleri aşağıda verilmiştir.(Tablo.1)

Tablo 1. Numunenin Malzeme Özellikleri

| Malzeme Özelliği | Beton Harcı Karışımı | Agrega |
|---|------------------------|------------------------|
| Birim Hacim Ağırlık(ton/mm ³) | 2,7 × 10 ⁻⁹ | 2,4 × 10 ⁻⁹ |
| Poisson Oranı | 0,15 | 0,15 |
| Elastisite Modülü(N/mm ²) | 28,6×10 ³ | 28,6×10 ⁴ |

3. Tartışmalar Ve Sonuçlar

3.1. Eşik Değer Aralıklarının Değişiminin Model Üzerindeki Etkileri

Eşik değer aralıklarındaki beton ve agrega malzemelerinin “toplam nokta sayısı, eleman sayısı, hacim” değerlerinde model üzerinde değişimler saptanmış olup aşağıdaki tablolarda sonuçlar gösterilmiştir.

Beton kiriş numune üzerindeki değerler incelendiği zaman eşik değerlerinin en ufak değişiminin bile malzeme üzerindeki ve cismin analizler için sahip olduğu eleman sayılarındaki değişiminin büyük oranda farklılık gösterdiği tespit edilebilmektedir.

Kiriş elemanın sahip olduğu agregaya malzemenin eşik değer aralığı arttırıldığı sürece eleman içerisindeki analiz için seçilen agregaya malzeme eleman sayıları büyük oranda artış gösterirken bunun yanı sıra eşik değer aralık değeri azalım gösteren beton malzeme eleman sayıları da büyük oranda azalmaktadır.

Eşik değer aralıklarının agregaya ve beton malzeme üzerindeki nokta sayısı ve eleman sayıları dışında aralığın değiştirilmesi durumunda hacim kısıtında da büyük bir değişimin meydana geldiği görülebilmektedir.

Sonuç olarak herhangi bir numune üzerinde analiz yapılmadan önce belirlenecek olan cismin sahip olduğu malzemeleri nitelendirecek olan eşik değer aralıklarındaki en ufak bir değişim kiriş elemanın her türlü hareket ve analiz sonuçlarında büyük değişimlere sebep olacaktır.

Ele alınan farklı eşik değer aralıkları için sonuçları karşılaştırılmış olan tablo aşağıda verilmiştir. (Tablo.2)

Aşağıda gösterilmiş olan tablo da numune kirişe ait yalnızca eşik değer aralıklarına göre değişim gösteren beton ve agregaya; toplam nokta sayısı, eleman sayısı ve hacim değerlerinin karşılaştırılmaları üzerinde durulmuştur.

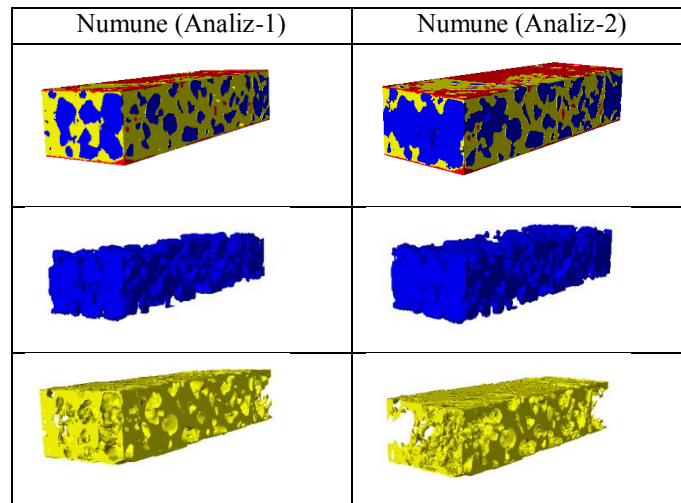
Tablo 2. Eşik Değer Aralıklarına Göre Numune-2 Kiriş Eleman İçin Malzeme ve Eleman Özellikleri Sayısal Değerleri

| Malzeme | Agrega | Beton | Agrega | Beton |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| Eşik Değer Aralıkları | 255-162 | 161-70 | 255-147 | 146-70 |
| Toplam Nokta Sayısı | 602617 | 645806 | 796574 | 457742 |
| Eleman Sayısı(Hex) | 464465 | 478623 | 641906 | 303010 |
| Hacim(mm³)(Yaklaşık) | 113×10 ³ | 117×10 ³ | 156×10 ³ | 74,1×10 ³ |

3.2. Eşik Değer Aralıklarındaki Değişim Sonucunda Model Üzerindeki Doğal Frekans Değerlerinin İncelenmesi

Eşik değer aralıklarındaki değişim sonucunda modeldeki doğal frekans değerlerinin incelenmesi çalışmasındaki Analiz-1 durumu asıl durum olarak ele alınmış olup değerler (Beton;255-162, Agregaya; 161-70) görüntü alma mesafesinin doğal frekans üzerindeki etkisini inceleme çalışmasındaki “0.427 mm.” mesafe aralıkları sonucunda ortaya çıkmış olan aynı değerlerdir. Analiz-2 sonucunda elde edilmiş sonuçlar ise (Beton;255-147, Agregaya;146-70) değer aralıkları ile hesaplanmış olan analizler ile elde edilmiş olan sonuçlardır.

Numune üzerinde yapılmış olan Analiz-1 ve 2'ye ait numune malzeme görünümleri Şekil.2'de verilmiştir.





Şekil 2. Numune Malzeme Görünümleri

Numuneye ait ABAQUS® paket programında doğal frekans analizleri yapılmış olup modlara göre frekans değişimleri aşağıdaki Tablo.3 ve 4’de verilmiştir

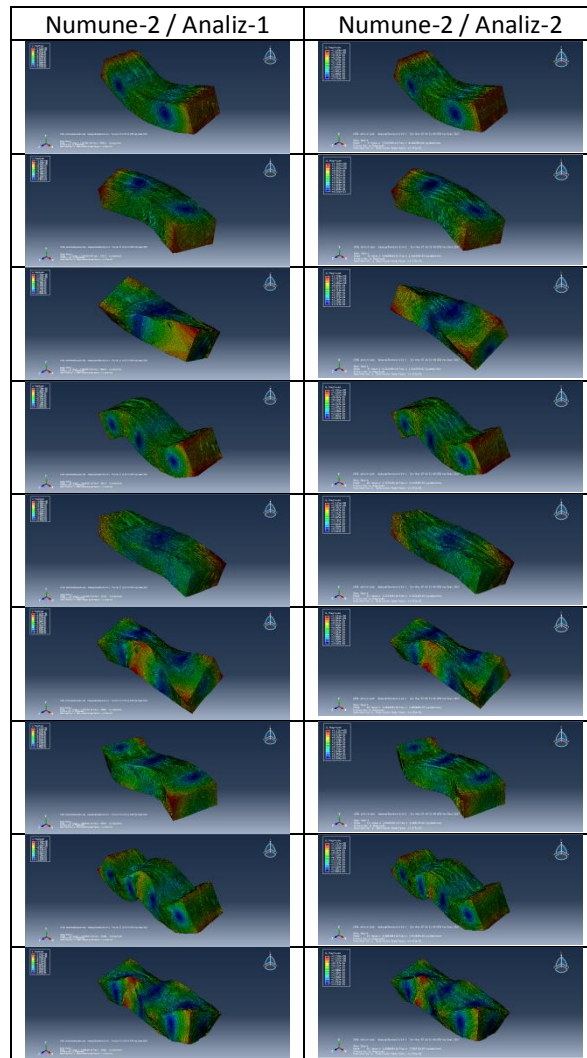
Tablo 3.Numune Analiz-1 Mod Frekans Değerleri

| Mod Numaraları | Frekans (HZ) |
|----------------|--------------|
| 1 | 6998,8 |
| 2 | 9173,5 |
| 3 | 9665,8 |
| 4 | 16117 |
| 5 | 19123 |
| 6 | 19969 |
| 7 | 20542 |
| 8 | 27208 |
| 9 | 29168 |

Tablo 4. Numune Analiz-2 Mod Frekans Değerleri

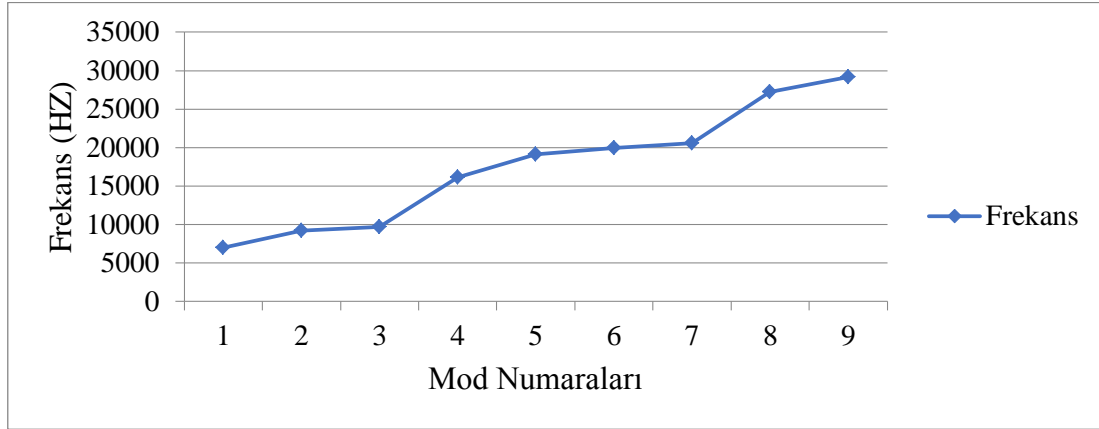
| Mod Numaraları | Frekans (HZ) |
|----------------|-----------------------|
| 1 | $9,21828 \times 10^6$ |
| 2 | $1,22445 \times 10^7$ |
| 3 | $1,25637 \times 10^7$ |
| 4 | $2,11593 \times 10^7$ |
| 5 | $2,53014 \times 10^7$ |
| 6 | $2,60690 \times 10^7$ |
| 7 | $2,66817 \times 10^7$ |
| 8 | $3,55465 \times 10^7$ |
| 9 | $3,79673 \times 10^7$ |

Tablolar incelendiğinde mod değerleri arasındaki ilişki Mod-1 değerinden Mod-9 değerine doğru artış gözlenmektedir. Numune giriş elemanına ait Analiz-1 ve Analiz-2 kapsamında farklı modlara göre paket programındaki hareketleri incelenmiş olup aşağıda Şekil.3’de gösterilmiştir.

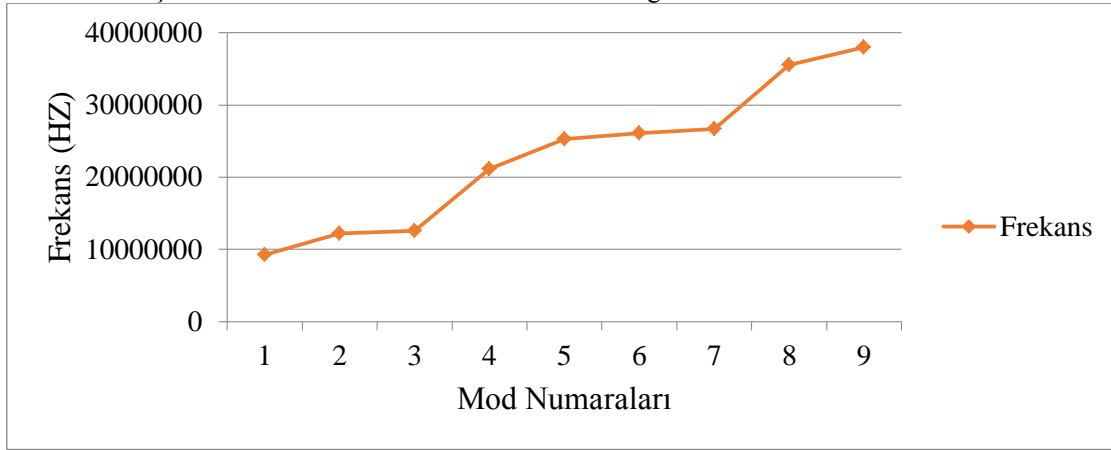


Şekil 3. Numune Kirişi Analiz-1 ve Analiz-2 Mod Görünümleri

Yukarıda gösterilmiş olan Numune kirişine ait olan Analiz-1 ve Analiz-2 serbest titreşim analizi altındaki doğal frekans değerleri grafikler halinde aşağıda gösterilmiştir. Gösterilen bu grafiklerde yatay eksen mod adedini gösterirken dikey eksen de doğal frekans değerlerini ifade eder.(Şekil.4-5)



Şekil 4. Numune / Analiz-1 / Mod-Frekans Değerlerinin Grafik Üzerindeki Gösterimi



Şekil 5. Numune / Analiz-2 / Mod-Frekans Değerlerinin Grafik Üzerindeki Gösterimi

4. Sonuç

Analizleri gerçekleştirilmiş olan numunelerin eşik değer aralıklarındaki değişimler sonucunda numune içerisinde beton ve agrega malzemenin sayısal değerleri değişmiş olup, bu değişim eldeki betonarme numune kırımların “toplam nokta sayısı, eleman sayısı, hacim ve doğal frekans değerlerinde değişimlere sebep olmuştur.

Agrega malzemenin eşik değer aralığındaki artış malzemenin toplam nokta sayısı, eleman sayısı ve hacim değerlerinin arttırırken, beton malzemenin toplam nokta sayısı, eleman sayısı ve hacim değerlerinde azalışa sebep olmuştur. Sayısal anlamda eşik değerleri değişim göstermiş olan beton numunelerin belirlenmiş en iyi değer aralıklarında paket program sayesinde ortaya konmuş olan doğal frekans değerlerinde yaklaşık ilk değerlerden uzaklaşmalar görülmüştür.

Eldeki veriler ve analiz sonuçları ışığında analizi yapılacak numunelerin eşik değer aralıklarının en iyi şekilde belirlenmesi gerektiği, en ufak sayısal değişimin numunelerin yaklaşık ilk analiz sonuçlarından değişimler göstereceği sonucuna varılmıştır.

Eşik değer kavramı ile ilgili olarak analize başlanmadan önce eşik değerinin hassasiyetle belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

5. Kaynaklar

- [1] Anwer, N.. Mathieu, L. (2016) From reverse engineering to shape engineering in mechanical design. *Cirp Annals-Manufacturing Technology*. 65, 165-168.
- [2] Herráez, J.. Carlos Martínez, J.. Coll, E.. Teresa Martín, M.. Rodríguez, J.(2016). 3D modeling by means of videogrammetry and laser scanners for reverse engineering. *Measurement*. 87, 216-227.

- [3] Başıyğit, C.. Çomak, B.. Kılınçarslan, Ş.. Serkan Üncü, İ.(2012) Assessment of concrete compressive strength by image processing technique. *Construction and Building Materials*. 37, 526-532.
- [4] Dias-da-Costa, D.. Valença, J.. Ranzi, G.. Albino, C.(9-12 December 2014) Monitoring of concrete members using photogrammetry and image processing. *23rd Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials*, , (Southern Cross University, Lismore, NSW, pp. 1135-1140)
- [5] F.Mora, C.. K.H. Kwan, A.(2000) Sphericity, shape factor, and convexity measurement of coarse aggregate for concrete using digital image processing. *Cement and Concrete Research*. 30, 351-358.
- [6] Zhang, Y.. Bajaj, C. And Sohn, B.(2005) 3D finite element meshing from imaging data. *Computational Methods in Applied Mathematics*. 194, 5083-5106.
- [7] Zhang, Y.. Hughes, T.J.R. and Bajaj C.L.(2010) An automatic 3D mesh generation method for domains with multiple materials. *Computational Methods in Applied Mathematics*. 199, 405-415.
- [8] Soenke, H.B.. Wolfram, S.. Wolfhard, S. And Fabian K.(2007) Small animal computed tomography imaging. *Current Medical Imaging Reviews*.3, 45-59.
- [9] Altıntaş, F.. Sınır, G.(2013) Değer Seçiminin Voksel Tabanlı Sonlu Eleman Modellerinin Doğal Titreşim Davranışları Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*. 9.1, 1-9.
- [10] Altıntaş, G ,Güner, O., Arslan B.(2012) Mikro Yapıların Tersine Mühendislik Yöntemleri İle Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Modellenmesi Ve Model Geometrilerinin İncelenmesi. *T.C. Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü*. Manisa, 66s.
- [11] Altıntaş, G.(2011) Effect of slice thickness variation on free vibration properties of micro-ct based trabecular bone models. *2nd International Symposium on Computing in Science & Engineering*. Kuşadası–TURKEY.
- [12] Altıntaş, G.. Erdem, R.T.(2012) Effect of micro-ct slice intensity on natural vibration behavior of cancellous bone models based on reverse engineering techniques. *Procedia Technology*. 1, 318 – 322.
- [13] Altıntaş G.(2012) Effect of slice step size on prediction of natural vibration properties of bone tissue. *Mathematical and Computational Applications*, 17(3), 235-243.
- [14] Altıntaş G.(2011) Node-id based non-recursive flood fill algorithm for non-uniform discrete solid domains . *2nd World Conference On Information Technology*. Antalya-Turkey.
- [15] Altıntaş, G.. Ergut, A.. Burak Goktepe, A.(. 2013) Effect of 3D isotropic resolutions of sequenced images on natural vibration properties of trabecular bone. *Scientia Iranica*. 20(3), 492-499.
- [16] Altıntaş, G.(2013) Natural vibration behaviors of heterogeneous porous materials in micro scale.